

## 面発光型半導体レーザーを用いたマイクロエンコーダー

山本 英二

近年、情報機器、精密産業機器、医療機器等のさまざまな分野において、機器の小型化や高機能化が急速な勢いで進展しており、これらに搭載される小型メカニズムに対応した小型、高感度なセンサーのニーズが高まっている。光学方式のセンサーは高感度、非接触等の利点をもっているが、その構成上、レンズやプリズム等の高価な部品を精密に組み立てる必要があるため、価格やサイズの点で次世代の小型精密機器に対応できるとはいえない。

近年、上記のような背景から、半導体加工技術を用いて光学部品を集積化し、センサーを小型化する取り組みが活発化している<sup>1,2)</sup>。これとは独立に、筆者らは光源に面発光型半導体レーザー<sup>3)</sup>を応用して、従来の光学式センサーの構成にとらわれない非常にシンプルな構成による数種の光学式センサーを提案し、試作によりその実現性を検討してきた<sup>4-6)</sup>。本稿では、これらのセンサーの中で特に小型化のニーズが高いと思われる超小型エンコーダーについて技術的概要を紹介する。

## 1. 面発光型半導体レーザー (SEL)

半導体レーザー (LD) は一般の光源と比較して、小型で高効率、可干渉性があるなど多くの利点を備えているため、近年、光学式センサーの分野においても広く使われるようになった。しかしながら、ビームが楕円状に大きく広がる性質や戻り光に対して動作が不安定になることなどにより、センサーへの応用においては、レンズや光アイソレーターなどの多数の光学部品と、その精密組み立てを必要とする。これに対して、SEL (surface-emitting laser) は、1) レンズなしでも、ビームの広がりを小さく設計できること、2) 戻り光に対して発振波長 (特に発振縦モード) が比較的安定なこと、3) 光ビームを2次元に配置できること、などの特徴を有しており、これらを利用することにより新たな構成による光学式センサーの実現が可能と思われる。

## 2. マイクロエンコーダー

基本的な構成を図1に示す。移動する対象に取り付けら

れたスケールに SEL から細く鋭いビームを照射し、スケールからの反射光の強弱を受光素子 (PD) で検出することにより、対象の変位や回転を計測できる。SEL から出射する2本の光ビームは、スケールピッチ方向に  $(n+1/4)p$  の間隔 (ここで、 $n$  は整数) で配置されているため、出力信号として、90 deg 位相差をもった疑似正弦波信号が得られ

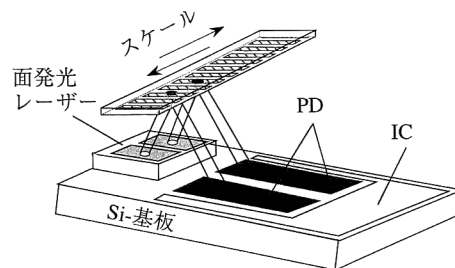


図1 マイクロエンコーダーの基本構成図。

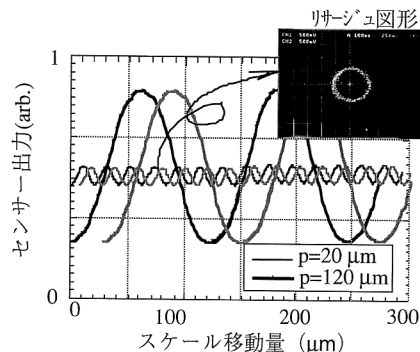


図2 試作したエンコーダーの出力信号の一例。

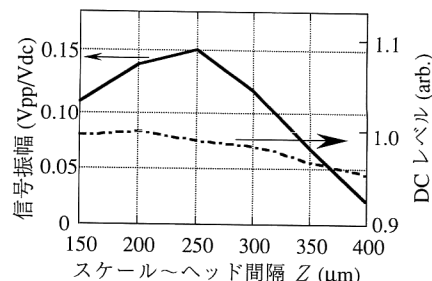
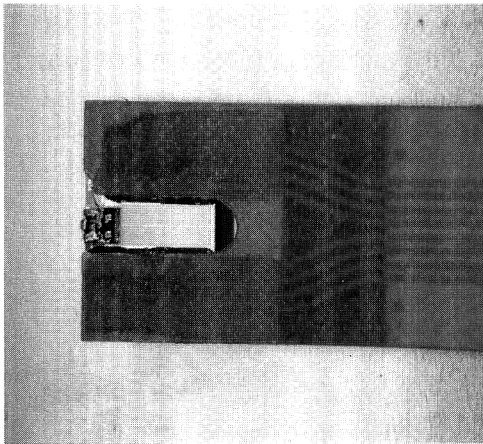


図3 スケールとヘッドの間隔変化による信号振幅とDCレベルの変動。

オリンパス光学工業(株)アドバンステクノロジー・リサーチセンター (〒192-8512 八王子市久保山町 2-3)  
E-mail: e\_yamamoto@ot.olympus.co.jp

表1 マイクロエンコーダーの概略仕様.

ヘッド外形	3×3×1 mm <sup>3</sup> (フレキフィルムにて配線引き出し)		
スケール外形	1 mm 幅以上で任意に設定可		
出力形式	90 deg 位相差疑似正弦波 (電圧波形) Z 相も可		
電源 IC 部	定電圧源: DC±3 V, または DC 5 V		
光源部	定電流源: 60 mA, Max (APC 駆動を推奨)		
使用環境条件 (動作温度)	10~50°C (結露しないこと)		
スケールピッチ $p$ [ $\mu\text{m}$ ]	20	30	60
配置許容度 $z$ [mm]	0.25±0.05	0.28±0.08	0.35±0.15
$\theta$ [deg]	22±3	22±3	22±3
最高分解能 [ $\mu\text{m}$ ]	0.1	0.2	0.3
最大応答速度 $V_{\text{max}}$ [m/s]	2	3	6



1 mm

図4 センサーヘッドの外観写真.

る. これから得られるリサージュ図形上の1回転がスケールピッチ  $p$  の移動量に相当する.

使用した標準的な SEL は, 出射ビーム径  $30 \mu\text{m}$ , 閾値電流  $14 \text{ mA}$  程度であり, これを出力  $0.3 \text{ mW}$ /ビームで使用した. この場合, 図2に示すように, スケールピッチ  $p=20 \mu\text{m}$  ( $10 \mu\text{m}$  の line & space) までは, 信号の DC レベルに対して  $15\%$ 以上の振幅が得られた. また, ピッチ  $20 \mu\text{m}$  の場合, リサージュ図形を位相分割することにより最高で  $0.1 \mu\text{m}$  以下の分解能が確認されている.

図3は,  $p=20 \mu\text{m}$  の場合について, スケールとセンサーヘッド間隔  $z$  が変動したときの, 出力信号の振幅と DC レベルの変動を実験により評価した一例を示すものである. この間隔  $z$  の許容範囲は信号の処理方法や分解能の要求により決定されるが,  $p=20 \mu\text{m}$  の場合,  $0.2 \mu\text{m}$  程度の分解能を得るには,  $\pm 0.05 \text{ mm}$  程度の配置精度とすればよ

い. なお, 分解能や配置許容範囲に対する詳細検討は別報<sup>5,6)</sup>を参照されたい. また, SEL の後方出力光を検出して出力変動を抑える手法 (APC 駆動) により, 室温から  $60\sim 70^\circ\text{C}$  程度まではほとんど温度変動に影響されないセンシングが可能である.

このリニアエンコーダーは, 図4に示すように, 外形  $3 \text{ mm}$  角のフィルム基板上に実装されており, 厚さは約  $1 \text{ mm}$  である. そのほか, センサーの仕様の一例を表1に示す.

本稿では面発光レーザーをマイクロエンコーダーに応用した例について紹介したが, 冒頭に紹介したように, 面発光レーザーの特徴を生かせば, 多様なセンサーへの応用が考えられる. 次世代の小型精密機器に低コストに搭載できる多様なセンサーの出現を期待したい.

## 文 献

- 1) D. Hofstetter, H. P. Zappe and R. Dandliker: "Monolithically integrated optical displacement sensor in GaAs/AlGaAs," *Electron. Lett.*, **31** (1995) 2121-2122.
- 2) R. Sawada, O. Ohguchi, K. Mise and M. Tsubamoto: "Fabrication of advanced integrated optical micro-encoder chip," *Proc. of IEEE MEMS '94* (1994) pp. 337-342.
- 3) 伊賀健一: 面発光レーザー (オーム社, 1990).
- 4) E. Yamamoto, S. Hashimoto, M. Ito, I. Komazaki and K. Yanagisawa: "Optical tactile sensor using surface-emitting laser," *Proc. of IEEE MEMS '95* (1995) pp. 227-231.
- 5) H. Miyajima, E. Yamamoto, M. Ito, S. Hashimoto, I. Komazaki, S. Shinohara and K. Yanagisawa: "Optical micro encoder using a vertical-cavity surface-emitting laser," *Sens. Actuators*, **A57** (1996) 127-135.
- 6) 山本英二: "面発光レーザーを用いた超小型変位センサー", 第110回センシング技術応用研究会予稿集 (1998) 投稿中.

(1998年1月28日受理)